



Title	Apparatus for estimating the remaining life of a power converter and its method
Inventor(s)	PANG HONMAN; PONG MANHAY
Citation	China Patent CN 102224426. Beijing, PRC: State Intellectual Property Office (SIPO) of the P.R.C., 2011
Issued Date	2011
URL	http://hdl.handle.net/10722/210526
Rights	This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102224426 A

(43) 申请公布日 2011. 10. 19

(21) 申请号 200980147089. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2009. 11. 17

G01R 31/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

H02M 3/10(2006. 01)

61/116507 2008. 11. 20 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 05. 20

(86) PCT申请的申请数据

PCT/CN2009/001274 2009. 11. 17

(87) PCT申请的公布数据

W02010/057364 EN 2010. 05. 27

(71) 申请人 香港大学

地址 中国香港薄扶林道

(72) 发明人 庞敏熙 彭汉文

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 曲卫涛 王忠忠

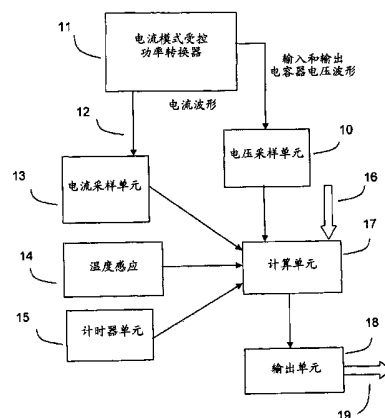
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 10 页

(54) 发明名称

用于估计功率转换器的剩余寿命的设备及其方法

(57) 摘要

一种用于估计功率转换器(11)的剩余寿命的设备包括:电流采样单元(13),它对在功率转换器(11)的电容器(5,6)的开关电流信号进行采样;电压采样单元(10),它对在电容器(5,6)的纹波电压进行采样;温度感应单元(14),它感应电容器(5,6)的温度;计时器单元(15),它跟踪功率转换器(11)的操作时间;以及计算单元(17),它基于来自电流采样单元(13)、电压采样单元(10)、温度感应单元(14)及计时器单元(15)的输出信号来估计剩余寿命。还提供了对应的方法。



1. 一种设备,包括:

电流控制模式功率转换器,生成开关电流信号,所述电流控制模式功率转换器包括电容器;

电流采样单元,对在所述电容器的开关电流信号进行采样,所述电流采样单元生成用于所采样的信号的数字化波形;以及

计算单元,至少部分地基于所采样的波形来估计所述电流控制模式功率转换器的剩余寿命。

2. 如权利要求 1 所述的设备,还包括电压采样单元,其中所述电流控制模式功率转换器的所述电容器包括输入电容器,所述电压采样单元对在所述输入电容器的纹波电压进行采样。

3. 如权利要求 1 所述的设备,还包括电压采样单元,其中所述电流控制模式功率转换器的所述电容器包括输出电容器,所述电压采样单元对在所述输出电容器的纹波电压进行采样。

4. 如权利要求 1 所述的设备,还包括温度感应单元以感应所述电容器的温度,所述计算单元至少部分地基于所述电容器的温度来估计所述电流控制模式功率转换器的剩余寿命。

5. 如权利要求 4 所述的设备,还包括计时器单元以跟踪功率转换器操作时间,所述计算单元至少部分地基于所述功率转换器操作时间来估计所述电流控制模式功率转换器的剩余寿命。

6. 如权利要求 5 所述的设备,还包括输出单元以接收来自所述计算单元的输出信号并生成表示所述电流控制模式功率转换器的所估计的剩余寿命的模拟信号。

7. 如权利要求 6 所述的设备,所述计算单元还至少部分地基于与所述电容器有关的信息来估计所述电流控制模式功率转换器的剩余寿命。

8. 如权利要求 7 所述的设备,所述计算单元计算所述电容器的电流,并且所述计算单元至少部分地基于所计算的电容器电流来估计所述电流控制模式功率转换器的剩余寿命。

9. 如权利要求 8 所述的设备,所述计算单元使用至少部分地响应所述电流控制模式功率转换器的拓扑而选择的一个或多个数学表达式来估计所述电流控制模式功率转换器的剩余寿命。

10. 如权利要求 9 所述的设备,所述输出单元生成脉冲列信号,所述脉冲列信号具有占空比,其中所述占空比表示所述电流控制模式功率转换器的所估计的剩余寿命。

11. 如权利要求 10 所述的设备,所述输出单元生成带有表示所感应的电容器温度的频率的所述脉冲列。

12. 一种方法,包括:

利用采样电路对来自功率转换器的信号进行采样,所述功率转换器包括电容器;

生成用于所采样的信号的数字化波形;以及

至少部分地基于所述数字化波形来估计所述功率转换器的剩余寿命。

13. 如权利要求 12 所述的方法,还包括感应所述电容器的温度,其中所述估计所述剩余寿命包括至少部分地基于所述电容器的温度来估计所述功率转换器的剩余寿命。

14. 如权利要求 13 所述的方法,还包括跟踪功率转换器操作时间,其中所述估计所述

剩余寿命包括至少部分地基于所述功率转换器操作时间来估计所述功率转换器的剩余寿命。

15. 如权利要求 14 所述的方法,还包括生成表示所述功率转换器的所估计的剩余寿命的模拟信号。

16. 如权利要求 15 所述的方法,其中所述估计所述剩余寿命包括至少部分地基于与所述电容器有关的信息来估计所述功率转换器的剩余寿命。

17. 如权利要求 16 所述的方法,还包括计算所述电容器的电流,其中所述估计所述剩余寿命包括至少部分地基于所计算的电容器电流来估计所述功率转换器的剩余寿命。

18. 如权利要求 17 所述的方法,其中所述估计所述剩余寿命包括至少部分地基于至少部分响应所述功率转换器的拓扑而选择的一个或多个数学表达式来估计所述功率转换器的剩余寿命。

19. 如权利要求 18 所述的方法,还包括生成脉冲列信号,所述脉冲列信号具有占空比,其中所述占空比表示所述功率转换器的所估计的剩余寿命。

20. 如权利要求 19 所述的方法,其中所述生成所述脉冲列包括生成带有表示所感应的电容器温度的频率的所述脉冲列。

21. 一种物品,包括:存储媒体,已在其上存储可由计算平台执行的指令以便:

对来自功率转换器的信号进行采样,所述功率转换器包括电容器;

生成用于所采样的信号的数字化波形;以及

至少部分地基于所述数字化波形来估计所述功率转换器的剩余寿命。

22. 如权利要求 21 所述的物品,其中所述存储媒体已在其上存储可由所述计算平台执行的另外指令以感应所述电容器的温度,所述计算平台至少部分地基于所述电容器的温度来估计所述剩余寿命。

23. 如权利要求 22 所述的物品,其中所述存储媒体已在其上存储可由所述计算平台执行的另外指令以跟踪功率转换器操作时间,所述计算平台至少部分基于所述功率转换器操作时间来估计所述剩余寿命。

24. 如权利要求 23 所述的物品,其中所述存储媒体已在其上存储可由所述计算平台执行的另外指令以生成表示所述功率转换器的所估计的剩余寿命的模拟信号。

25. 如权利要求 24 所述的物品,其中所述存储媒体已在其上存储可由所述计算平台执行的另外指令以至少部分地基于与所述电容器有关的信息来估计所述剩余寿命。

26. 如权利要求 25 所述的物品,其中所述存储媒体已在其上存储可由所述计算平台执行的另外指令以计算所述电容器的电流,所述计算平台至少部分地基于所计算的电容器电流来估计所述剩余寿命。

27. 如权利要求 26 所述的物品,其中所述存储媒体已在其上存储可由所述计算平台执行的另外指令以至少部分地基于至少部分响应所述功率转换器的拓扑而选择的一个或多个数学表达式来估计所述剩余寿命。

28. 如权利要求 27 所述的物品,其中所述存储媒体已在其上存储可由所述计算平台执行的另外指令以生成脉冲列信号,所述脉冲列信号具有占空比,其中所述占空比表示所述功率转换器的所估计的剩余寿命。

29. 如权利要求 28 所述的物品,其中所述存储媒体已在其上存储可由所述计算平台执

行的另外指令以生成带有表示所感应的环境温度的频率的所述脉冲列。

30. 一种数字化具有时间周期的重复信号的设备,包括:

输入端子,接受来自功率转换器的重复模拟电信号;

采样和保留电路,具有耦合到所述输入端子的开关以根据采样时间对所述重复模拟电信号定期采样;

电容器,耦合到所述采样和保留电路的输出以保持来自所采样的模拟电信号的电压;

模数转换器,耦合到所述电容以根据来自所采样的模拟电信号的电压而生成数字信息信号的集合;

计算单元,接收数字信息信号的所述集合,并且在存储器中存储所述数字信息信号,所述计算单元至少部分地基于数字信息信号的所述集合来估计功率转换器的剩余寿命;

触发单元,至少部分地响应接收来自所述计算单元的命令而触发所述采样和保留电路。

31. 如权利要求 30 所述的设备,还包括滤波器以减少来自所述重复模拟电信号的更高频率电噪声。

32. 如权利要求 31 所述的设备,其中所述设备包括集成电路。

用于估计功率转换器的剩余寿命的设备及其方法

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求来自 2008 年 11 月 20 日提交的名称为“Power Converter Remaining Life Estimation”的美国临时申请（序号 61/116507）的优先权，该申请特此通过引用以其整体被结合。

技术领域

[0003] 本文中公开的主题可涉及监视和 / 或估计功率转换器的剩余寿命。

背景技术

[0004] 功率转换器是极其广泛的多种电子装置的重要组成部分，并且此类功率转换器的可靠操作可在大量电子装置中特别重要，如医疗、通信和 / 或计算装置。在一些情况下，此类电子装置可在关键应用中利用，其中，可有利的是避免功率转换器的突然故障和 / 或能够在故障前调度功率转换器的维护或替换。

[0005] 通常，电子组件可具有有限的寿命预期。设计和 / 或制造将永无故障的功率转换器，这可证明是不可行的。要延长寿命预期，一个方案可能是使用昂贵的组件和 / 或过度设计（over-design）转换器以用于给定应用构建额外的寿命预期。然而，此类方案从大小、成本和制造容易度的角度而言可能是不可行的。例如，可为笔记本电脑或类似电子装置过度设计功率转换器以便提供延长的功率转换器寿命，但此类转换器可大大增加电子装置的成本，并且功率转换器仍将可能在无警告的情况下在某个时间出故障。

[0006] 为了具有可靠的操作，可将焦点置于功率转换器的剩余寿命的正确估计上。这能够允许接近其寿命末期的功率转换器的调度维护和替换并避免服务的突然中断。因此，可有利的是关注更准确的剩余寿命估计以允许在功率转换器故障前调度替换，而不是使用昂贵的组件延长产品寿命。

[0007] 目前，设计工程师负责确保其设计的功率转换器在其声明的工作寿命内具有要求的可靠性。然而，能够进行的估计经常远离事实。这是因为剩余寿命估计是基于假设的操作条件，而实际寿命时间可由于不同环境和老化而大不相同，可能多达五到十分钟。此开环估计方法可导致过度设计或不当设计。

[0008] 电子组件寿命可根据其工作环境而大不相同。准确的剩余寿命估计可受益于有关操作环境的准确信息。

[0009] 实时监视系统可较准确地估计和报告产品可靠性。这在一些方面可与许多电池操作产品中电池剩余容量的实时预测类似。另一示例实时报告系统是如美国专利 6671654 中由 Forth 公开的配电系统。在如 Tsujikawa 记录的电源寿命估计系统中已发现类似的方法。Hammond 在其美国专利 7114098 中公开了一种监视带有多个电源的电源系统的系统。该系统向计算机网络报告电源的临界状态。其中没有剩余寿命估计方法，而是公开了一种故障报警系统。

[0010] 在功率转换器中可实现的许多组件中，电解电容器可以在组件中具有最短寿命预

期。其故障率一般是其它电子组件的几倍。Larson 在美国专利公开 20060176186 中公开了一种系统,该系统在假设冷却风扇是关键组件时监视风扇的状态。然而,并非所有功率转换器具有冷却风扇。另一方面,冷却风扇的恶化可造成温度上升。温度可以是一个好的指标,而不是监视风扇。

[0011] 在功率转换器中,两个操作参数可影响电解电容器的可靠性。第一个参数是温度。第二个参数是通过电容器的纹波电流。Warizaya 在美国专利公开 20070150236 中公开了一种监视电源中电容器的电压、电流和温度的系统,但此系统的主旨不是电容器而是系统冷却风扇。然而,通过传感器进行的电容器电流检测实际上是不合需要的,因为这损害了电源的适当操作并产生了功率损耗。另外,对大量生产的产品而言,传感器可能太贵,并且 Warizaya 的监视系统限于其中成本不是主要关注的大型系统。

发明内容

[0012] 为克服现有技术的缺点,本发明提供了用于监视和 / 或估计功率转换器的剩余寿命的方法和设备。

[0013] 根据第一方面,本发明提供一种设备,包括:生成开关电流信号的电流控制模式功率转换器,电流控制模式功率转换器包括电容器;电流采样单元,对在电容器的开关电流信号进行采样,电流采样单元生成用于采样信号的数字化波形;以及计算单元,至少部分地基于采样的波形来估计电流控制模式功率转换器的剩余寿命。

[0014] 根据第二方面,本发明提供一种方法,包括以下步骤:利用采样电路对来自功率转换器的信号进行采样,功率转换器包括电容器;生成用于采样信号的数字化波形;以及至少部分地基于所述数字化波形来估计功率转换器的剩余寿命。

[0015] 根据第三方面,本发明提供一种物品,包括其上已经存储可由计算平台执行的指令的存储媒体,以对来自功率转换器的信号进行采样,功率转换器包括电容器;生成用于采样信号的数字化波形;以及至少部分地基于所述数字化波形来估计功率转换器的剩余寿命。

[0016] 根据第四方面,本发明提供一种将具有时间周期的重复信号数字化的设备,包括:输入端子以接受来自功率转换器的重复模拟电信号;采样和保留电路,具有耦合到输入端子的开关以根据采样时间对重复模拟电信号定期采样;电容器,耦合到采样和保留电路的输出以保持来自采样的模拟电信号的电压;模数转换器,耦合到电容以根据来自采样的模拟电信号的电压而生成数字信息信号的集合;计算单元,接收数字信息信号的集合,并且在存储器中存储所述数字信息信号,所述计算单元至少部分地基于数字信息信号的所述集合来估计功率转换器的剩余寿命;触发单元,至少部分地响应接收来自计算单元的命令而触发采样和保留电路。

附图说明

[0017] 在说明书的结论部分特别指出并清楚地声明了要求权利的主题。然而,就操作的方法和 / 或组织而言,主题及其目的、特征和 / 或优势通过与附图一起阅读时参照以下详细描述可最好地来理解,其中:

[0018] 图 1 是示例电流模式受控功率转换器系统的图形。

- [0019] 图 2 是根据本发明的功率转换器寿命估计器的示例实施例的框图。
- [0020] 图 3 是示例电流信号的图示。
- [0021] 图 4 是根据本发明的重复信号捕捉电路的示例实施例的图形。
- [0022] 图 5a 是根据本发明的降压功率转换器的示例实施例的示意图。
- [0023] 图 5b 是要感应的示例信号的波形。
- [0024] 图 5c 是示出输入电容器电流的示例波形。
- [0025] 图 5d 是示出输出电容器电流的示例波形。
- [0026] 图 6a 是根据本发明的升压功率转换器的示例实施例的示意图。
- [0027] 图 6b 是要感应的示例信号的波形。
- [0028] 图 6c 是示出输入电容器电流的示例波形。
- [0029] 图 6d 是输出电容器电流的示例波形。
- [0030] 图 7a 是根据本发明的降压升压功率转换器的示例实施例的示意图。
- [0031] 图 7b 是要感应的信号的示例波形。
- [0032] 图 7c 是示出输入电容器电流的示例波形。
- [0033] 图 7d 是示出输出电容器电流的示例波形。
- [0034] 图 8 是演示剩余功率转换器寿命随时间过去而退化的曲线图。
- [0035] 图 9 是根据本发明示出用于估计剩余功率转换器寿命的示例技术的图形。
- [0036] 图 10 是根据本发明的用于估计剩余功率转换器寿命的方法的示例实施例的流程图。
- [0037] 图 11 是计算平台的示例实施例的框图。
- [0038] 图 12 是示出示例测试结果的图形。
- [0039] 在下面的详细描述中对形成其一部分的附图进行了参照,其中,类似的标号可表示各处相似的部分以指示对应或相似的要素。将理解,为了图示的简明和 / 或清晰,图中所示要素不一定按比例画出。例如,为了清晰,一些要素的尺寸相对其它要素可能被夸大。此外,要理解,可利用其它实施例。此外,在不脱离要求权利的主题的范围的情况下,可进行结构或逻辑更改。也应注意到,例如向上、向下、顶部、底部等方向或引用可用于方便图形的论述,并且无意限制要求权利的主题的应用。因此,下面的详细描述不可视为限制要求权利的主题或其等同的范围。

具体实施方式

[0040] 在下面的详细描述中,为提供要求权利的主题的详尽理解而陈述了多个特定的细节。然而,本领域的技术人员将理解,要求权利的主题可在没有这些特定细节的情况下实行。在其它情况下,公知的方法、过程、组件和 / 或电路未详细描述。

[0041] 本文中所述实施例可包括用于功率转换器的实时剩余寿命估计设备。功率转换器寿命可至少部分根据电解电容器来确定。电解电容器寿命可受其纹波电流影响。使用传感器测量电容器电流可能是不可行的。本文中公开的实施例可包括可采用非直接电容器电流测量的电容器电流估计设备和技术。实施例可包括电流模式控制功率转换器,其中,半导体开关波形在功率转换器控制器中可用。实施例可还包括微处理器,所述微处理器可借助于功率转换器电路拓扑知识来估计电容器电流,并且功率转换器的估计剩余寿命可被计算。

[0042] 本文中公开的一个或多个实施例也可包括重复信号测量设备和 / 或技术, 该设备和 / 或技术可允许通过低成本采样和保留电路和模数转换器来捕捉和数字化噪声重复信号。

[0043] 本文中公开的一个或多个实施例可包括传递剩余寿命估计信息的简单方式。估计的功率转换器剩余寿命可表达为某个值, 该值可表示剩余寿命量。对于一实施例, 该值可由脉冲列 (train) 的占空比来表示。脉冲列的频率可传达另外的功率转换器信息, 例如, 诸如温度。

[0044] 一个或多个示例实施例的潜在优势可以是在电容器上未安装传感器而估计功率转换器电容器电流。

[0045] 一个或多个示例实施例的另一潜在优势可以是轻松集成到普通脉冲宽度调制 (PWM) 控制器中的能力。

[0046] 图 1 是常规电流模式受控功率转换器系统的图形。此示例开关功率转换器包括输入 1、至少一个输出 2、功率转换器电路 3 及控制单元 4。该示例实施例可还包括至少一个输入电容器 5 和至少一个输出电容器 6。对于一个或多个实施例, 这些电容器是可确定功率转换器的寿命的电解类型电容器。功率转换器电路包括操作转换器电路 3 的半导体开关。控制单元包括误差放大器 7。误差放大器 7 从输出拾取信号, 视要控制的参数而定, 输出可以是转换器输出电压或转换器输出电流。响应内部参考信号 8, 误差放大器 7 产生控制信号。还存在为控制目的而通过半导体开关拾取电流的部件。通常, 电流感应电阻器拾取开关电流波形信号。此电流信号耦合到比较器 9, 而该比较器比较该电流信号和来自误差放大器 7 的控制信号。比较器 9 的响应是产生带有控制半导体开关的占空比的脉冲宽度调制信号。此类型的功率转换器配置可称为电流模式控制。此配置在本领域很普遍, 因为控制环能够轻松被稳定, 并且它使得转换器能够具有良好的动态性能。

[0047] 一个或多个实施例可利用本文中描述的电流模式控制转换器和设备来预测功率转换器剩余寿命和可靠性。图 2 中示出根据要求权利的主题的一实施例。此实施例包括其可靠性和寿命要受监视和报告的功率转换器。通常, 功率转换器在其输入端子和输出端子安装有电解电容器。这些电解电容器的寿命可很大程度上确定功率转换器的寿命。它是电流模式控制类型功率转换器 11, 其中, 在控制器容易得到开关电流波形 12 信号而无需额外传感器。电流波形信号由电流采样单元 13 捕捉。此电流采样单元将电流波形信息转成数字格式。输入和输出电容器纹波电压波形由电压采样单元 10 捕捉。信息由计算单元 17 收集以便计算功率转换器的可靠性。此实施例还包括温度感应单元 14。它包括温度传感器和将温度信息转换成可用于计算单元 17 的数字格式的部件。此实施例还包括记录转换器操作时间的计时器单元。在一实施例中, 此计时器是对于几千个小时进行计数的长间隔计时器。它可包括触发计算单元更新表示操作时间的内部寄存器的慢计时器。还存在将功率转换器参数编程到计算单元中以实现准确的剩余寿命预测的部件。此类信息包括功率转换器中使用的电解电容器的类型、操作电压、转换器类型及其它信息。计算单元 17 收集来自电流采样单元 13、温度感应单元 14、计时器单元 15 的数据和功率转换器上预编程的数据。它计算转换器的估计剩余寿命并向输出单元 18 呈现结果。输出单元 8 通过电信号 19 呈现转换器的剩余寿命。此信号以具有在 0 与 1 之间占空比的脉冲的形式来呈现。此占空比代表剩余的寿命部分。例如, 在开始时, 占空比可以为 1, 并且它可根据本文中所述的计算算法随

转换器操作时间而衰减。输出信号 19 能够具有其它格式。例如,它能够是模拟信号,带有两个电平之间的电压,而剩余转换器寿命部分由其之间的信号电平来表示。

[0048] 电流采样单元 13 捕捉功率转换器开关波形,并将信息数字化以便向计算单元 17 呈现。通常,如图 3 所示,电流波形 20 在形状上是梯形或三角形。此波形的频率可能较高,大约几百 KHz。高速模数转换器(A/D 转换器)可用于将此波形数字化。然而,高速 A/D 转换器可较昂贵。低成本、更低速度 A/D 转换器可用于一个或多个实施例。一个或多个实施例可利用波形的重复性质以便能够使用低成本 A/D 转换器。原理在图 3 中示出。从开关周期的开始起在时间 t_d 取一重复样本。取多个样本以便平均噪声效应。信号可由 A/D 转换器数字化,并且数据可存储在计算单元中的存储器中。响应转换过程的完成,可增大 t_d 到下一样本点。延迟时间 t_d 扫过从 t_0 到 T 的整个周期,并且波形的完整周期能够得以捕捉。此技术利用要采样的信号的重复性质以便适应慢速采样和保留装置及 A/D 转换器。

[0049] 电流采样单元的一示例实施例在图 4 中示出并在本文中描述。电流波形 20 经过滤波器 35,该滤波器去除高频噪声。信号向采样和保留电路 30 呈现。电路 30 包括电容器 31 和放电电阻器 32。采样的信号向 A/D 转换器 33 呈现,该转换器又将数字化数据馈送到计算单元 17。采样和保留电路 30 可由触发生成器 34 触发,该触发生成器可与电流波形 20 同步。响应数据捕捉的完成,计算单元 17 增大用于触发生成器的时间 t_d 。计算单元 17 控制贯穿整个周期的采样,并且捕捉整个周期的数字化波形。电流采样单元的此示例实施例可结合到集成电路或任何其它封装中。

[0050] 计算单元 17 收集来自各种单元的数据,并预测剩余功率转换器寿命。最初,单元 17 接收来自电流采样单元的数字化电流波形,并根据本文中所述的算法来计算输入电容器 5 和输出电容器 6 中的电容器电流。对于一些实施例,有三种基本功率转换器拓扑,即降压、升压和降压升压转换器拓扑。输入和输出电容器电流可从半导体开关的电流波形来计算。

[0051] 图 5a 示出包括输入电容器 40 和输出电容器 41 的降压转换器的一示例实施例。该转换器可还包括半导体开关 42、二极管 43 及电感器 44。假设该转换器的输入电流 I_{in} 和输出电流 I_{out} 是恒定的。开关电流至少部分由输入电容器和输出电容器吸收。图 5b 示出通过开关 42 的电流 i_{sense} 。通过输入电容器的电流与 i_{sense} 具有相同的波形,除了绕时间轴使波形 46 平衡,如图 5c 中所示。此实施例的占空比标记为“D”。r. m. s 纹波电流 i_{CIN} 在以下等式中根据 i_{sense} 来表示:

[0052]

$$i_{CIN} = \sqrt{\frac{(i_L^2 + i_H^2)(4D^2 + 7D + 4) + i_L i_H (-8D^2 + 2D + 4)}{12(2D - 1)^2}} D \quad (1)$$

[0053] 其中:

[0054] i_L 是开关开启电流;以及

[0055] i_H 是开关关闭电流。

[0056] 图 5d 为一实施例示出通过输出电容器的电流。r. m. s 纹波电流 i_{COUT} 在以下等式中可根据 i_{sense} 来表示:

$$i_{COUT} = \sqrt{\frac{(i_H - i_L)^2}{12}} \quad (2)$$

[0058] 降压转换器是用于一实施例的一种可能拓扑。它可扩展为正向转换器或其它转换器,其由变压器在输入和输出之间提供隔离。对于多种实施例,拓扑变化是可能的,并且可相应地应用本文中所述技术。

[0059] 图 6a 示出升压转换器的一示例实施例。升压转换器可包括输入电容器 50 和输出电容器 51。转换器可还包括半导体开关 52、电感器 53 和二极管 54。对于此示例假设转换器的输入电流 I_{in} 和输出电流 I_{out} 是恒定的。开关电流至少部分由输入电容器和输出电容器吸收。图 6b 示出通过开关 52 的电流 i_{sense} 。通过输入电容器的电流拾取 i_{sense} 的纹波电流,如图 6c 中所示。r. m. s 纹波电流 i_{CIN} 在以下等式中可根据 i_{sense} 来表示:

[0060]

$$i_{CIN} = \sqrt{\frac{(i_H - i_L)^2}{12}} \quad (3)$$

[0061] 图 6d 示出通过输出电容器 51 的电流。对于此示例,纹波电流 i_{COUT} 与 i_{sense} 具有相同的波形,除了绕时间轴使波形 57 平衡。r. m. s 纹波电流 i_{COUT} 在以下等式中可根据 i_{sense} 来表示:

$$i_{COUT} = \sqrt{\frac{(i_L^2 + i_H^2)(-3D^3 + 7D^2 - 9D + 5) + i_L i_H (-6D^3 + 14D^2 - 14D + 6)}{12}} \quad (4)$$

[0063] 升压转换器是示例拓扑。它可扩展为由变压器或其它部件在输入与输出之间进行隔离的转换器。对于一个或多个备选实施例,拓扑变化是可能的,并且可相应地应用本文中所述示例技术。

[0064] 图 7a 示出降压升压转换器的一示例实施例。该转换器可包括输入电容器 60 和输出电容器 61。该转换器可还包括半导体开关 62、电感器 63 和二极管 64。对于此示例假设转换器的输入电流 I_{in} 和输出电流 I_{out} 是恒定的。开关电流可至少部分由输入电容器和输出电容器吸收。图 7b 示出通过开关 62 的电流 i_{sense} 。通过输入电容器的电流可拾取 i_{sense} 的纹波电流,如图 7c 中所示。对于一实施例,r. m. s 纹波电流 i_{CIN} 在以下等式中可根据 i_{sense} 来表示:

$$i_{CIN} = \sqrt{\frac{(i_L^2 + i_H^2)(4D^3 + 7D^2 + 4D) + i_L i_H (-8D^3 + 2D^2 + 4D)}{12(2D - 1)^2}} \quad (5)$$

[0066] 图 7d 为此示例示出通过输出电容器的电流。对于此示例,纹波电流 i_{COUT} 在以下等式中可根据 i_{sense} 来表示:

$$i_{COUT} = \sqrt{\frac{(i_L^2 + i_H^2)(-3D^3 + 7D^2 - 9D + 5) + i_L i_H (-6D^3 + 14D^2 - 14D + 6)}{12}} \quad (6)$$

[0068] 降压升压转换器是示例拓扑。它可扩展由变压器在输入与输出之间进行隔离的转换器,例如,对于一个示例是反激转换器 (flyback converter)。可存在用于其它实施例的拓扑变化,并且可相应地应用本文中所述技术。

[0069] 对于一个或多个实施例,铝电解电容器可以是可至少部分确定功率转换器的寿命的组件。铝电解电容器故障的一个可能原因可以是电解液干涸。这也可称为“耗损故障”,可导致电容降低。铝电解电容器可包括液体电解液。电解液可展示相当明显的温度特性,

并且热应力可对电容器的寿命预期有影响。纹波电流生成的散热可以是影响电容器的可用寿命的因素。对于一个或多个实施例,最大可允许的纹波电流值可取决于环境温度。操作温度和纹波电流额定值可以是耗损机制的来源。纹波电流造成的环境温度或内部温度上升的增大可加快电解液的蒸发。电解液蒸汽可通过橡胶包装 (packing) 而逸出,并且留下的电解液量减少。电容器的蚀刻隧道可能不再完全填充有电解液,并且因此电极的有效表面积减少。这导致电容降低,并且等效串联电阻 (ESR) 可至少部分由于电解电阻而增大。

[0070] 等效串联电阻 (ESR) 可以被计算。输入电容器和输出电容器中的纹波电流可如所述的来捕捉。电容器纹波电压波形也可由如图 4 中所述的相同的采样单元来捕捉。在获得电容器的电流波形和电压波形后,计算单元 17 可使用公知的欧姆定律来计算 ESR。电解电容器中的 ESR 随着电容器退化而增长,且因此可提供电容器的剩余寿命的良好指标。

[0071] 对于一个或多个实施例,电容器的寿命可从以下等式来估计:

$$[0072] \quad L = L_b \cdot 2^{\frac{T_{max} - T_e}{10}} \cdot 2^{\left(\frac{\Delta T_s}{A_o} - \frac{\Delta T_j}{A}\right)} \quad (7)$$

[0073] 其中:

[0074] L 是实际寿命;

[0075] L_b 在额定条件的基本寿命;

[0076] T_{max} 是额定温度;

[0077] T_e 是环境温度;

[0078] ΔT_s 是由额定电流纹波在电容器的芯子 (core) 造成的额定热上升;

[0079] A_o 是用于额定热上升的温度因子;

[0080] ΔT_j 是由操作电流纹波在电容器的芯子造成的实际热上升;以及

[0081] A 是用于实际热上升的温度因子。

[0082] 对于一个或多个实施例,两个乘数可表示环境温度因子和电容器芯子温度因子。对于一实施例,这两个温度因子的效应可通过 Arrhenius 关系来表达。由于芯子温度热量可从纹波电流生成,因此,可能通过以下给定关系,根据电流纹波额定值来改写第二乘数:

[0083]

$$\Delta T_j = \Delta T_s \cdot \left(\frac{I}{I_o}\right)^2 \quad (8)$$

[0084] 其中, I 是纹波电流 rms, 并且 I_o 是额定纹波电流。I 表示由本文中所述技术为各种转换器拓扑而估计的电容器纹波电流。

[0085] 在图 8 中,对照时间绘出示例电容器的寿命。对于此示例实施例,估计的剩余寿命根据 1 与 0 之间的因子来表示。对于此示例,因子开始使用值 1,并随时间过去而衰减到 0,估计的寿命 L 通过上面的示例等式 (7) 来定义。电容器寿命衰减的速率可由曲线的斜率来给出,它是:

$$[0086] \quad m = \frac{1}{L} \quad (9)$$

[0087] 斜率 m 可由可影响 L 的因子来修改,如环境温度 T_e 和纹波电流 I。

[0088] 对于一示例实施例,对操作时期 t,估计的剩余寿命百分比中的减小量

(decrement) 可表达为：

$$[0089] \quad \frac{mt}{L} \cdot 100\% = \frac{t}{L^2} \cdot 100\% \quad (10)$$

[0090] 其中, t 是对于一个数据刷新周期的时期。

[0091] 实际寿命 L 贯穿电容器的寿命能够受不同操作条件影响。在累积时间 t 后, 剩余寿命对应于指示估计的剩余寿命的因子 α , 其中

$$[0092] \quad \alpha = 1 - \sum_{i=1,2,\dots}^n \frac{t_i}{L_i^2} \quad (11)$$

[0093] 比较单元 17 可在其中存储与转换器有关的信息。对于一个或多个实施例, 所述信息可包括正在使用的功率转换器类型及电容器的参数。对于一示例实施例, 电容器参数可包括因子 L_b 、额定最大温度 T_{max} 、额定纹波电流 I_0 、 ΔT_s 、 A 和 / 或 A_0 , 这些参数可从电容器制造商或通过测量而获得。所述信息可还包括如从温度感应单元 14 收到的电容器环境的环境温度 T_a , 并且还可包括来自计时器单元 15 的操作时间。对于一示例实施例, 计算单元 17 可使用上述信息来计算 α 。然而, 提及的信息的类型只是示例, 并且要求权利的主题的范围在此方面中并无限制。

[0094] 对于结合带有输入电容器和输出电容器的功率转换器的实施例, 可单独计算每个电容器的估计剩余寿命。更小的估计剩余寿命值可表示为功率转换器的估计剩余寿命。

[0095] 对于一实施例, 输出单元 18 从计算单元接收因子 α , 并且将信息转成电信号 19 以便向外界呈现。对于一示例实施例, 因子 α 可表示为如图 9 所示的脉冲列的占空比, 其中,

$$[0096] \quad \frac{t_p}{T_s} = \alpha \quad (12)$$

[0097] 其中, t_p 是表示剩余寿命的信号为高时的时期。

[0098] 如果脉冲列的占空比表示因子 α , 则脉冲的频率也可表示有关功率转换器的有用信息。对于一示例实施例, 脉冲频率能够表示电容器环境温度 T_a 。如果温度有异常上升, 如由于系统冷却风扇恶化或故障原因, 则脉冲频率可设计成变化相当大, 由此用作功率转换器要求立即维修的信号。对于其它实施例, 脉冲列的频率可表示可有利的一系列信息的任何信息。

[0099] 虽然本文中所述的实施例提到脉冲列传递功率转换器的估计剩余寿命, 但使用其它信号类型的其它实施例是可能的。例如, 在一实施例中, 估计的剩余寿命可由模拟信号来表示, 所述模拟信号的电压电平根据估计剩余寿命来变化。

[0100] 本领域技术人员也将明白, 在不脱离要求权利的主题的范围的情况下, 有许多方式在电信号形式中表示因子 α 。

[0101] 例如本文中所述那些实施例的一个或多个实施例可通过微处理器系统来实现。微处理器系统可包括图 2 所示的单元, 例如包括但不限于带有捕捉电流信息的部件的功率转换器 11、电流采样单元 13、温度感应单元 14、计时器单元 15、计算单元 17 和 / 或输出单元 18。对于一个或多个实施例, 本文中所述单元的任何组合或选定集合可集成到集成电路中。此外, 对于一个或多个实施例, 计算速度可以不是一个重要的考虑因素, 并且系统可设计为低成本。

[0102] 图 10 是用于估计功率转换器的剩余寿命的方法的示例实施例的流程图。在框

1010,与功率转换器有关的信息可编程到例如计算单元中。对于一示例实施例,一种可能类型的信息可包括转换器类型,转换器类型可以是上述三种基本转换器拓扑或其它类型之一。设置转换器类型允许使用适当等式来估计电容器电流。对于一示例实施例,可收集并且还提供等式 (7) 和 (8) 中所示与电容器有关的参数到计算单元。在框 1020,可收集半导体电流的数字化波形。对于一实施例,可利用连同图 3 所述的示例实施例。在框 1030,可从等式 (1) 到 (6) 或根据识别的功率转换器的类型的其它等式中选择适当的等式,并且可计算估计的电容器电流。在框 1040,可确定电容器温度和转换器操作时间。对于一实施例,可在框 1050 根据等式 (10) 计算电容器寿命减小量。在框 1060,可根据等式 (11) 将估计剩余寿命表示为因子 α 。可使得此因子对于外界可用以便实时监视。上述示例过程可重复任意次数,并且可提供功率转换器的实时监视。根据要求权利的主题的实施例可包括全部框 1010-1060 或比其更少或更多的框。此外,框 1010-1060 的顺序只是示例顺序,并且要求权利的主题的范围在此方面中并无限制。

[0103] 图 11 是计算平台 1100 的示例实施例的框图。计算平台 1100 只表示可用于实现本文中所述一些或所有技术的一种可能的计算平台配置,并且要求权利的主题的范围在此方面中并无限制。计算平台 1100 可包括中央处理单元 (CPU) 1110 和耦合到 CPU 1110 的存储器控制器中心 (hub) 1120。存储器控制器中心 1120 还耦合到系统存储器 1130、图形处理单元 (GPU) 1150 及输入 / 输出中心 1140。GPU 1150 还耦合到显示装置 1160,该显示装置可包括 CRT 显示器、平板 LCD 显示器或其它类型的显示装置。还耦合到 GPU 1150 的是图形存储器 1170。对于此示例实施例,图形存储器 1170 可经并行数据接口或互连耦合到 GPU 1150,并且输入 / 输出中心 1140 可经串行数据接口或互连耦合到存储器控制器中心 1120。

[0104] 此外,对于图 11 所示的示例实施例,输入 / 输出中心 1140 可耦合到非易失性存储器 1180,并且可还耦合到闪存驱动器 1190,而对于图 11 所示的实施例,闪存驱动器 1190 可包括插入系统 1100 中 USB 端口的 USB 闪存驱动器 (未示出)。

[0105] 对于一实施例,系统存储器 230 可已经在上面存储有指令,指令如果由 CPU 1110 执行,则可使得计算平台能够至少部分执行如本文中所述的功率转换器剩余寿命估计操作的一个或多个方面,但要求权利的主题的范围在此方面中并无限制。对于一个或多个实施例,计算平台 1100 也可包括可根据本文中所述实施例来监视的一个或多个功率转换器 (未示出)。当然,系统 1100 只是可实现本文中所述一个或多个实施例的电子装置的一种示例类型,并且要求权利的主题的范围不限于任何特定装置类型。

[0106] 计算平台指包括处理或存储信号形式中的数据的能力的系统或装置。因此,在此上下文中,计算平台可包括硬件、软件、固件或其任何组合。对于一个或多个实施例,计算平台可包括广范围的数字电子装置的任何装置,包括但不限于个人台式或笔记本计算机、高清电视、数字多功能盘 (DVD) 播放器或录音机、游戏控制台、卫星电视接收器、蜂窝电话、个人数字助理、移动音频或视频回放或录制装置等等。此外,除非特别地另外说明,否则,如本文中参照流程图或其它方式描述的过程也可整体或部分由计算平台来执行或控制。

[0107] 图 12 是为了一实施例示出示例测试结果的图形。此示例的测试结果基于功率转换器的一示例实施例。对于此示例实施例,转换器包括非连续传导模式反激转换器。在一实施例中,该反激转换器可包括类似于如上连同图 7a 所述的降压升压转换器的转换器,但带有被分割以形成变压器的电感器。当然,该反激转换器只是功率转换器的一种示例类型,并

且要求权利的主题的范围在此方面中并无限制。类似地,降压转换器、升压转换器和降压升压转换器也只是功率转换器的示例类型,并且同样要求权利的主题的范围在这些方面中并无限制。

[0108] 如所提到的,图 12 的示例测试结果基于非连续传导模式反激转换器的一示例实施例。对于此示例实施例,反激转换器的输出信号是在 7A 的 12V。反激转换器的输出电容器的工作温度假设为 25℃。此示例的输出电容器纹波电流假设为 12.76A rms。对于反激转换器的此示例实施例,输出电容器包括额定在 35V 和 1800 μ F 的 Rubycon ZL 串联电容器。输出电容器的初始 ESR 假设为在 25℃和 100kHz 的 15.6m Ω 。此外,计算的额定 ESR 假设为在 105℃和 100kHz 的 11.8m Ω 。当然,这只是一示例电容器,并且要求权利的主题的范围在这些方面中并无限制。

[0109] 如图 12 中所示,y 轴表示基于初始 ESR 测量的输出电容器的 ESR 百分比,并且 x 轴表示功率转换器的工作小时。对于本示例,功率转换器寿命的结束假设为在输出电容器 ESR 达到电容器的初始 ESR 的 200%的点发生。对于本示例功率转换器实施例,输出电容器的 ESR 估计在其达到 200%级别的点计算为 46.96 个小时。根据此示例的测试结果,且如图 12 所示,输出电容器 ESR 百分比达到 200%级别的点测量为 56 个小时。对于此示例测试结果,在测量的测试结果与计算的预测结果之间观察到 16%的误差。对于一示例实施例,可接受的误差范围可包括 40%,但要求权利的主题的范围在这些方面中并无限制。

[0110] 贯穿此说明书对“一个实施例”或“一实施例”的引用指连同该实施例描述的特定特征、结构或特性包括在要求权利的主题的至少一个实施例中。因此,在贯穿本说明书的各个位置出现的“在一个实施例”或“在一实施例中”短语不一定全部指相同实施例。此外,特定的特征、结构或特性可在一个或多个实施例中以任何适合的方式组合。

[0111] 如本文中所称的术语“和 / 或”可表示“和”、它可表示“或”、它可表示“异或”、它可表示“一个”、它可表示“一些但不是全部”、它可表示“两者皆不”和 / 或它可表示“两者皆是”,但要求权利的主题的范围在此方面中并无限制。

[0112] 除非特别地另外说明,否则,如从本文中的论述可明白的,可理解贯穿此说明书的利用诸如“处理”、“计算”、“演算”、“选择”、“形成”、“使得能够”、“阻止”、“识别”、“启动”、“查询”、“获得”、“主管”、“保持”、“表示”、“修改”、“接收”、“传送”、“存储”、“确定”等术语或诸如此类的论述指可由诸如计算机或类似电子计算装置等计算平台来执行的动作或过程,计算平台操控或变换计算平台的处理器、存储器、寄存器或其它信息存储、传送、接收或显示装置内表示为物理、电或磁量或其它物理量的数据。

[0113] 在前面的描述中,已描述了要求权利的主题的各种方面。为了解释的目的,已陈述系统或配置以提供要求权利的主题的理解。然而,实践要求权利的主题可无需那些特定细节。在其它情况下,忽略或简化了公知的特征以免混淆要求权利的主题。虽然本文中已示出或描述某些特征,但本领域的技术人员现在将想到许多修改、替代、更改或等同。因此,要理解随附权利要求旨在涵盖落在要求权利的主题的真正精神内的所有此类修改或更改。

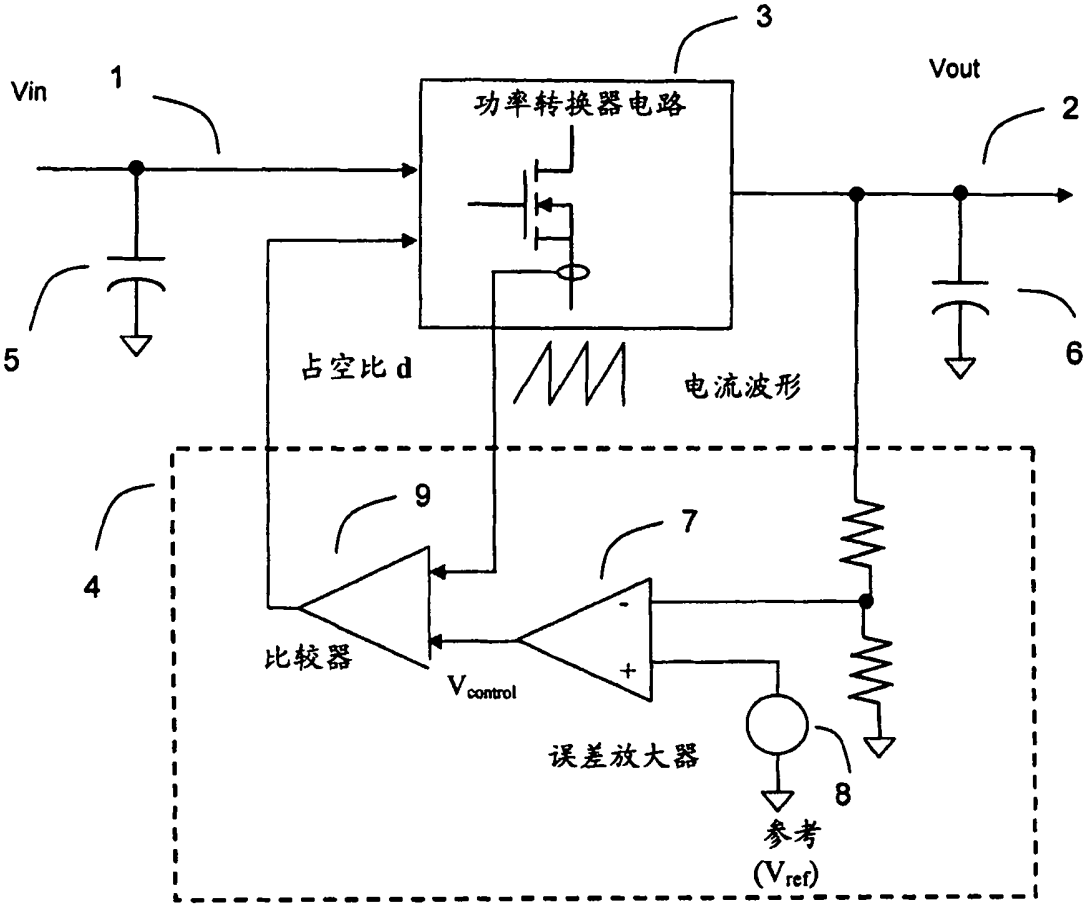


图 1

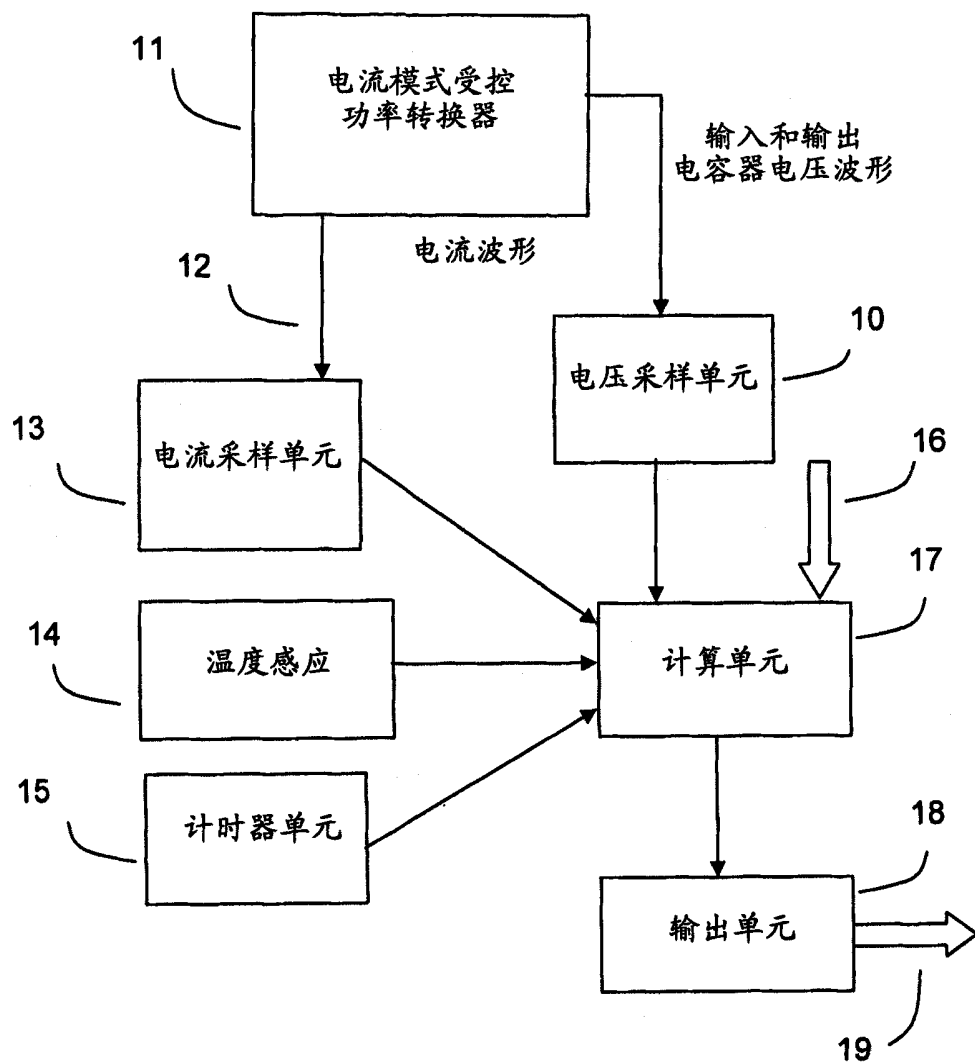


图 2

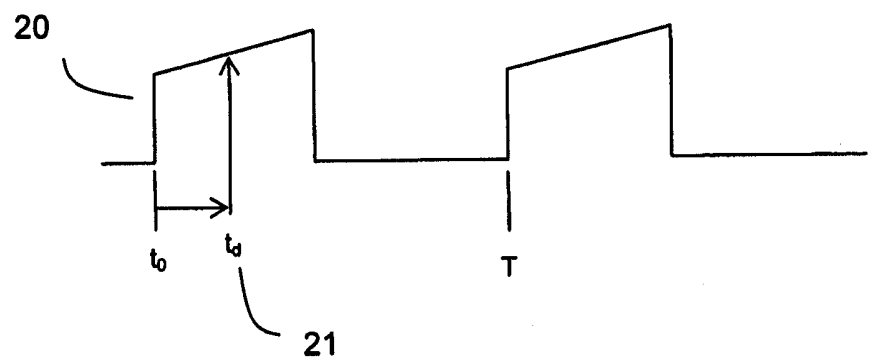


图 3

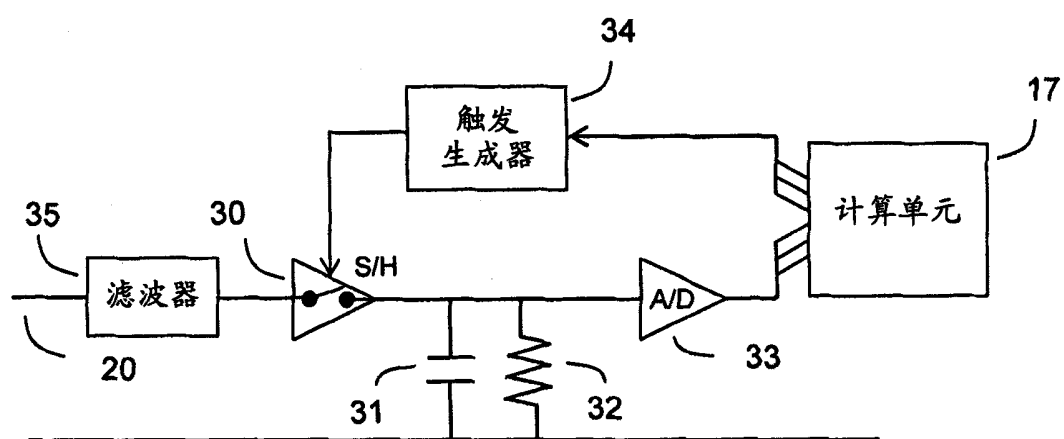


图 4

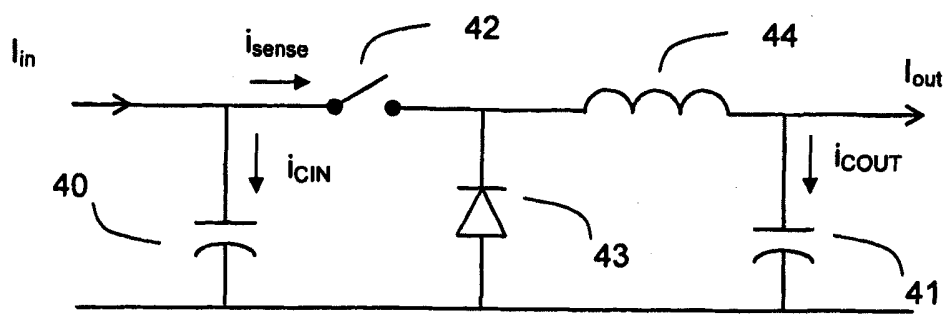


图 5a

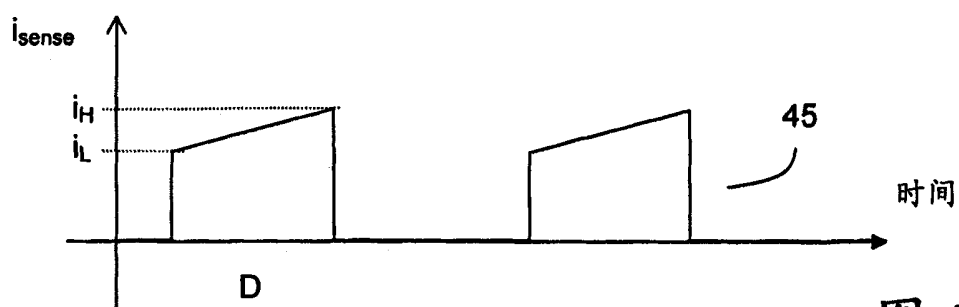


图 5b

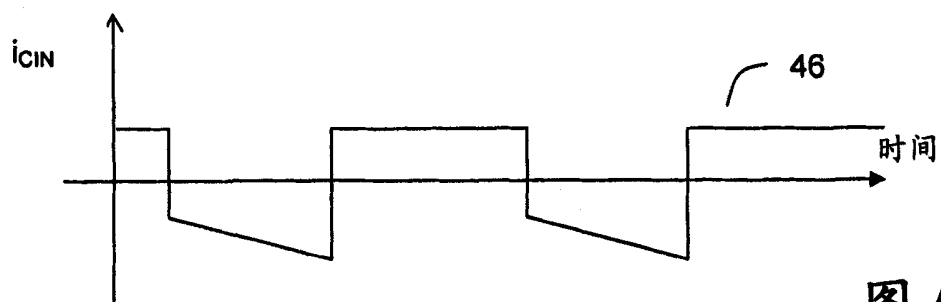


图 5c

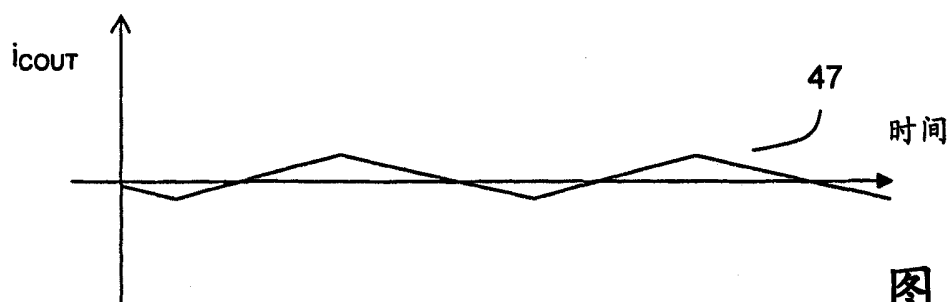


图 5d

图 5

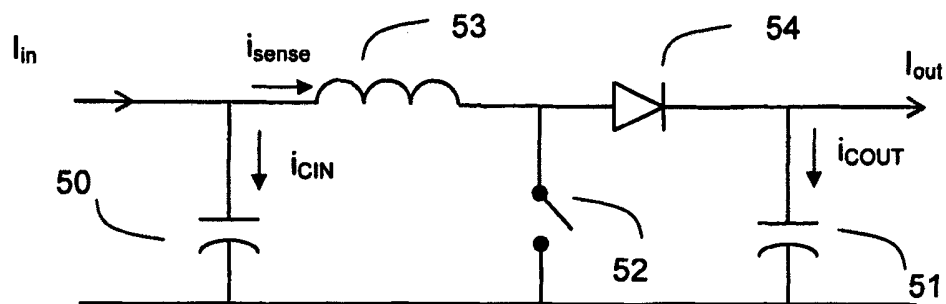


图 6a

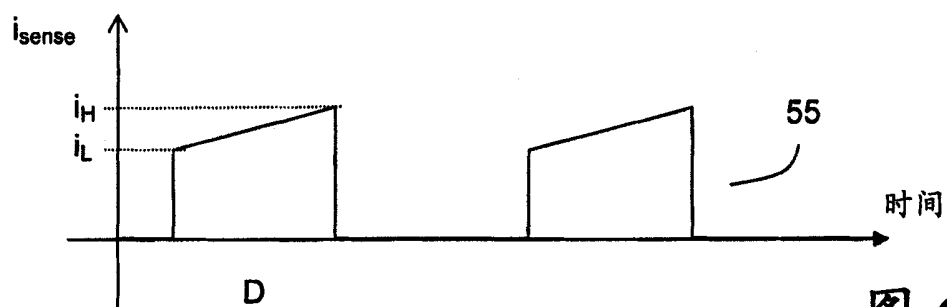


图 6b

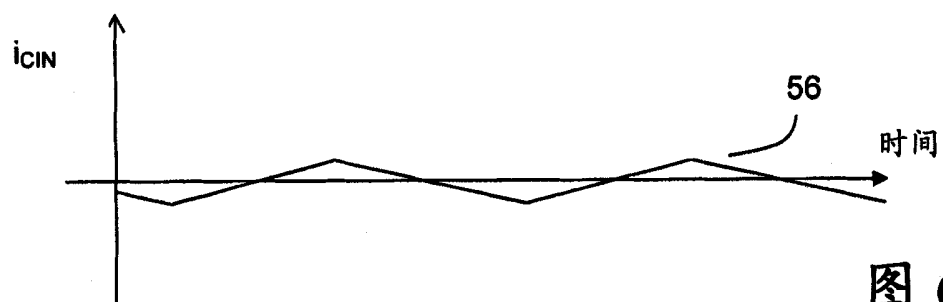


图 6c

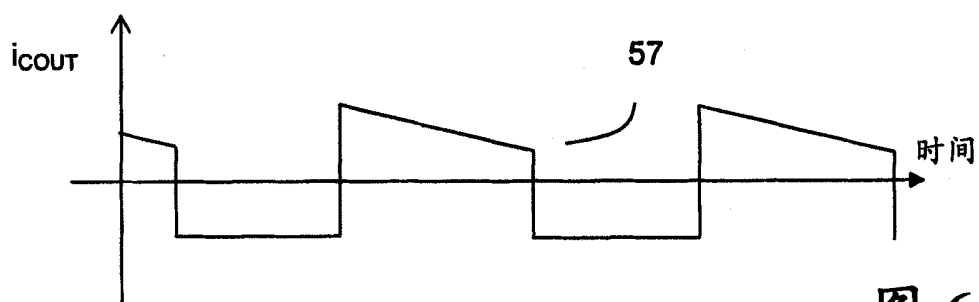


图 6d

图 6

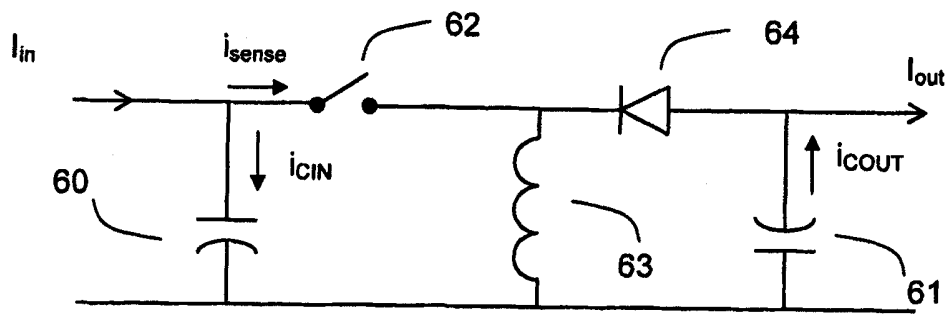


图 7a

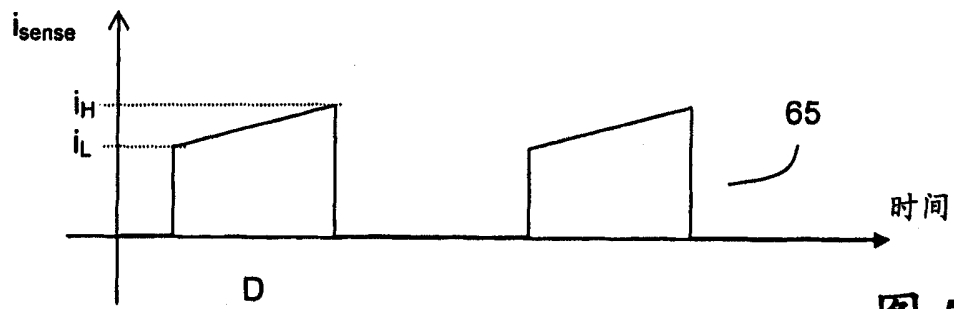


图 7b

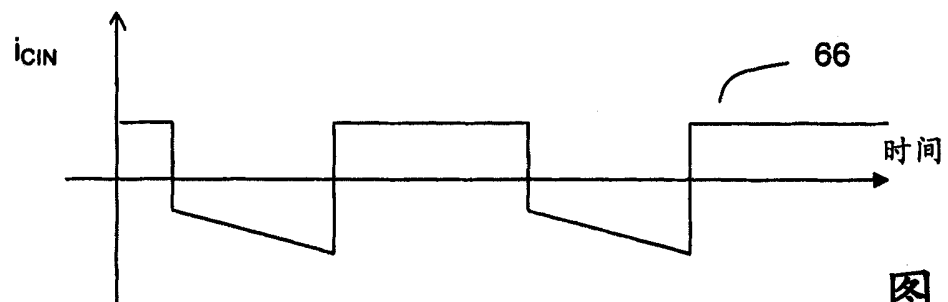


图 7c

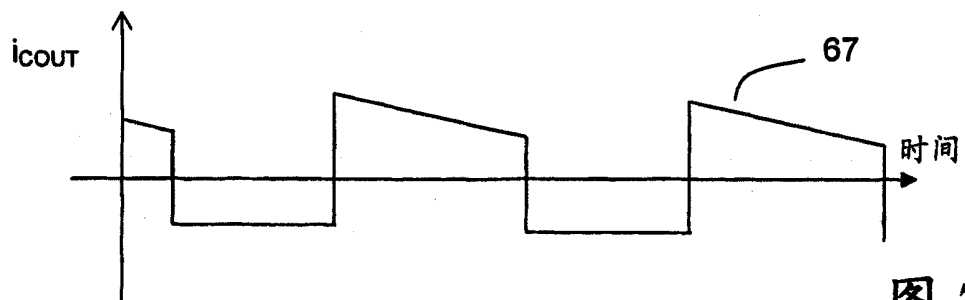


图 7d

图 7

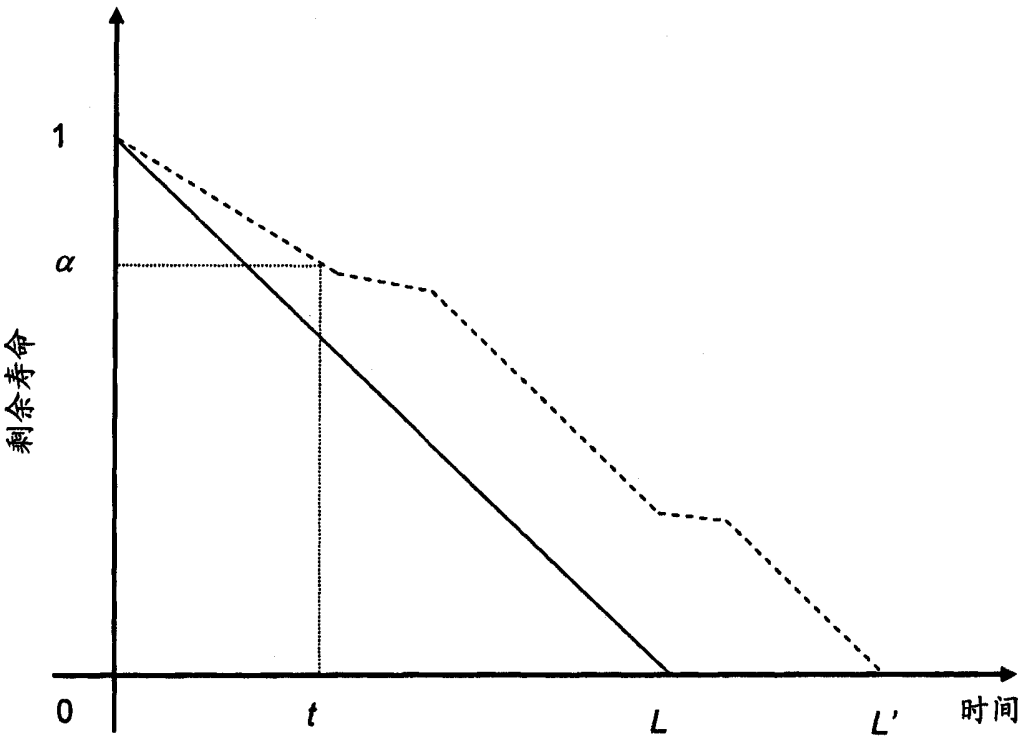


图 8

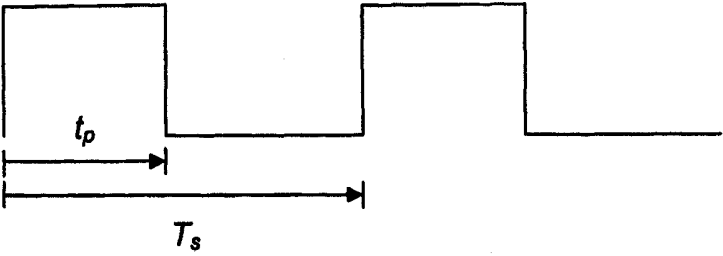


图 9

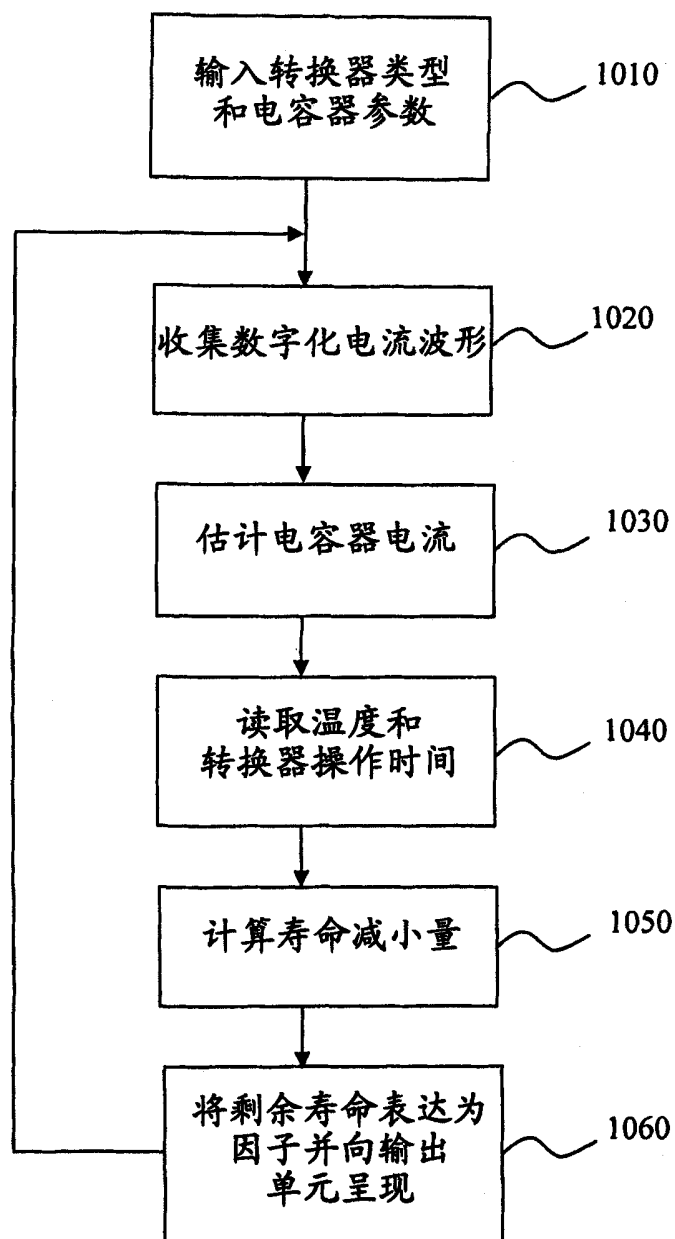


图 10

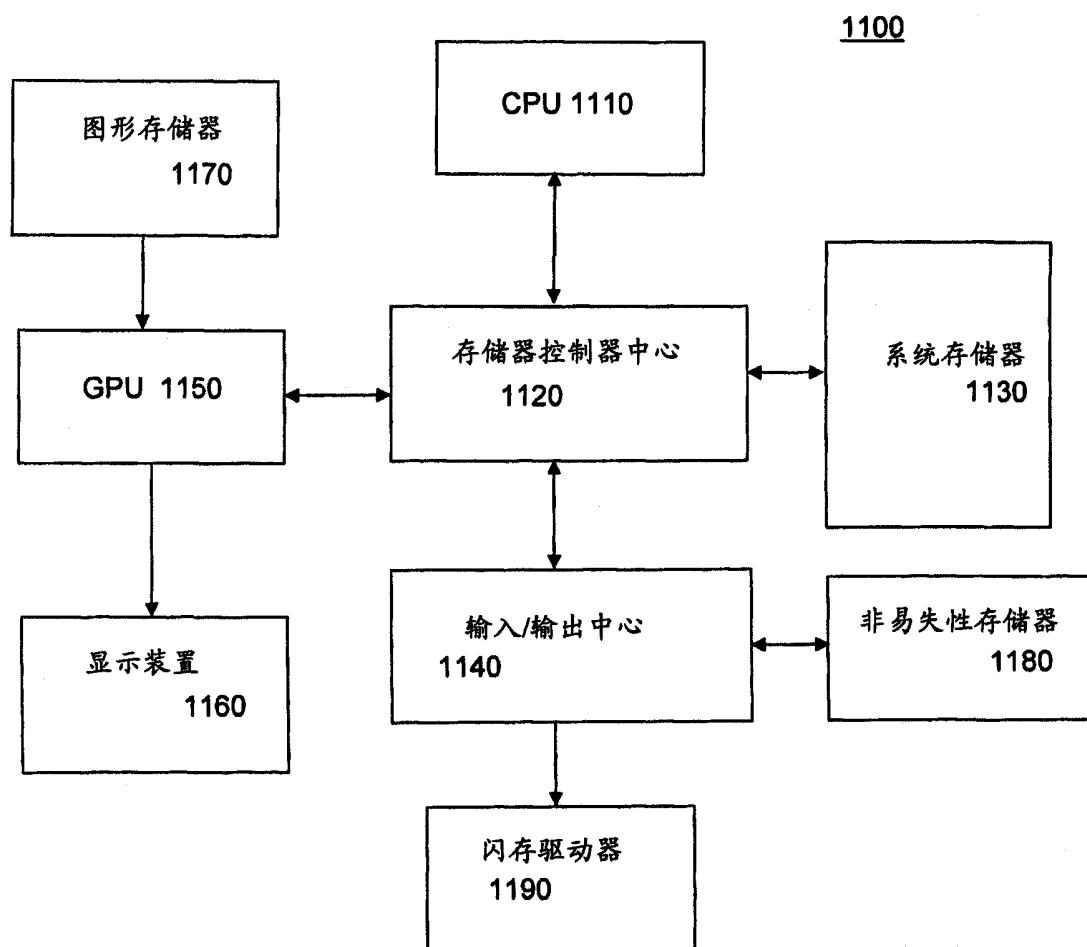


图 11

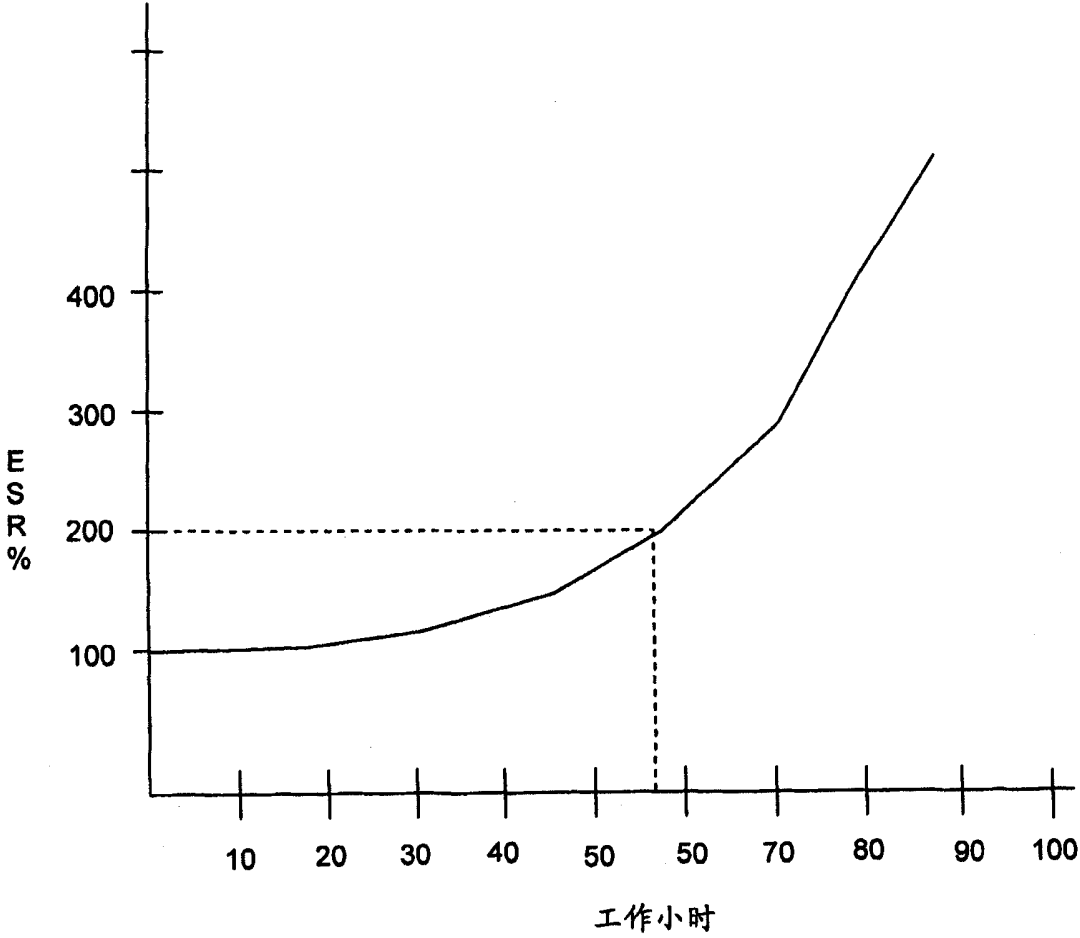


图 12